

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 100 02 394 C 1

51 Int. Cl.⁷:
B 22 F 9/08
B 01 J 2/04
C 08 J 3/12

21 Aktenzeichen: 100 02 394.0-24
22 Anmeldetag: 20. 1. 2000
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 10. 5. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

56 Innere Priorität:
199 49 872. 5 15. 10. 1999

73 Patentinhaber:
Applikations- und Technikzentrum für
Energieverfahrens-, Umwelt- und
Strömungstechnik (ATZ-EVUS), 92237
Sulzbach-Rosenberg, DE

74 Vertreter:
Gaßner, W., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 91052 Erlangen

72 Erfinder:
Wolf, Gerhard, Dipl.-Ing., 92242 Hirschau, DE;
Emmel, Andreas, Prof. Dr.-Ing., 92256 Hahnbach,
DE

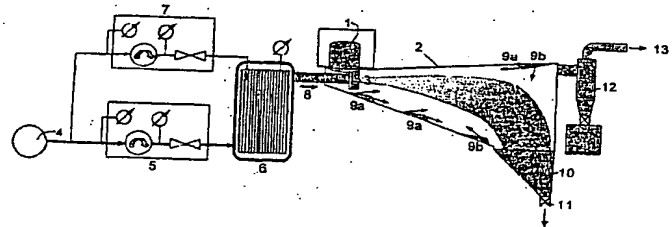
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	35 33 964 C1
DE	43 19 990 A1
DE	35 46 071 A1
DE	33 11 343 A1
DE	17 58 894 A1

54 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von aus im wesentlichen sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von im wesentlichen aus sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern aus einem Material, wie Glas, Keramik oder Kunststoff, das eine hochviskose entweder bei einer Glasbildungstemperatur T_g oder bei einer Erstarrungstemperatur T_s erstarrende Schmelze bildet, mit folgenden Schritten:

- Herstellen einer Schmelze mit einer Viskosität η im Bereich von 0,1 bis 100 Ns/m²,
- Verdüsen der Schmelze unter Verwendung eines ersten Gases, wobei das erste Gas am Austritt der Düse eine Temperatur $T_A \geq T_g$ bzw. $\geq 0,5$ hat und
- Abkühlen der beim Verdüsen gebildeten Partikel in einer stromabwärts der Düse nachgeschalteten Abkühlungszone unter Verwendung eines Kühlmittels, wobei die Temperatur des Kühlmittels $<$ als T_g bzw. T_s ist.



DE 100 02 394 C 1

DE 100 02 394 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von aus im wesentlichen sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern aus einem Material, wie Glas, Keramik oder Kunststoff.

Die DE-OS 17 58 844 betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von feindispersen Metall- und Legierungspulvern. Dabei wird ein von einer Düse injektierter Strahl geschmolzenen Metalls mittels eines Warmgasstroms zerstäubt. Die Temperatur des Warmgasstroms ist niedriger als die der Erstarrungstemperatur des injizierten Metalls.

Aus der DE 33 11 343 ist ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung feiner Metallpulver bekannt. Der Metallschmelzenstrom wird hierbei durch ein mit Überschallgeschwindigkeit strömendes Gas zerstäubt. Das Gas hat vor dem Austritt aus der Düse eine Temperatur im Bereich zwischen dem 0,7 bis 1,5-fachen der Erstarrungstemperatur des Metalls. Die Temperatur des Gases nach dem Austritt aus der Düse liegt infolge seiner Expansion deutlich unterhalb der Erstarrungstemperatur des Metalls.

In der DE 43 19 990 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Teilchen aus Kunststoffen offenbart. Dabei wird ein viskoser Massestrom in eine Zerstäubungsvorrichtung gefördert und dort mit einem unter Druck stehenden Gas angespritzt. Als Gas wird hier tiefkaltverflüssigtes inertes Gas verwendet.

Die DE 35 33 964 C1 betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Feinstpulver in Kugelform. Dabei werden u. a. Keramik-Schmelzen durch eine beheizte Laval-Düse geführt. Die Schmelze liegt unmittelbar vor dem Austritt aus der Düse im überhitzten Zustand vor.

In der DE 39 13 649 C2 ist ein Verfahren zum Herstellen metallischer Pulver aus einer Metallschmelze durch Gasverdüsen beschrieben. Bei dem Verfahren wird zur Einstellung einer vorgegebenen Korngrößenverteilung die Temperatur und/oder der Druck des Gases variiert.

Die DE 40 23 278 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Metalloxidpulvern. Dabei wird die Schmelze beim Zerstäubungsvorgang mit Sauerstoff beaufschlagt. Die Metallpulver werden dadurch oxidiert.

Die bekannten Verfahren eignen sich nicht zur Herstellung von aus sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern aus einer hochviskosen Schmelze. Aufgrund hoher Viskosität bilden sich bei der Verdüsung und Erstarrung faserförmige Teilchen, sogenannte Ligamente, oder grobe unregelmäßige Partikel.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile nach dem Stand der Technik zu beseitigen. Es sollen insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung angegeben werden, mit denen eine Herstellung von aus im wesentlichen sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern aus einer hochviskosen, insbesondere glasartig erstarrenden, Schmelze möglich ist.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 16 gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen ergeben sich aus den Merkmalen der Ansprüche 2 bis 15 und 17 bis 21.

Nach Maßgabe der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von aus im wesentlichen sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern aus einem Material, wie Glas, Keramik oder Kunststoff, das eine hochviskose entweder bei einer Glasbildungstemperatur T_g oder bei einer Erstarrungstemperatur T_s erstarrende Schmelze bildet, mit folgenden Schritten vorgesehen:

- a) Herstellen einer Schmelze mit einer dynamischen Viskosität η im Bereich zwischen 0,01 und 100 Ns/m²,
- b) Verdüsen der Schmelze unter Verwendung eines ersten Gases, wobei das erste Gas am Austritt der Düse

mindestens eine Temperatur $T_A \geq T_g$ bzw. $\geq 0,5 T_s$ hat und

c) Abkühlen der beim Verdüsen gebildeten Partikel in einer stromwärts der Düse nachgeschalteten Abkühlungszone unter Verwendung eines Kühlmittels, wobei die Temperatur des Kühlmittels $< T_g$ bzw. T_s ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die Herstellung von aus im wesentlichen sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern aus einem Material, wie z. B. Glas, Keramik oder Kunststoff. Solche Materialien bilden Schmelzen mit einer höheren Viskosität als Metallschmelzen; deren dynamische Viskosität liegt bei mindestens 0,01 Ns/m². Die Schmelzen sind in der Regel überhitzt. Die Temperatur der Schmelze ist im Falle glasartig erstarrender Schmelzen üblicherweise $\geq 1,5 T_g$ und im Falle kristallin erstarrender Schmelzen etwa 100 K höher als T_s . Die Beaufschlagung mit erstem Gas einer Austrittstemperatur von $T_A \geq T_g$ bzw. $\geq 0,5 T_s$ ermöglicht das Einformen sphärischer Partikel. Die Bildung insbesondere von faserförmigen Erstarrungsteilchen, groben oder unregelmäßig geformten Partikeln wird vermieden.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Temperatur des ersten Gases $\geq 1,5 T_g$ bzw. $\geq 1,0 T_s$. Die Wahl der Temperatur des ersten Gases hängt vom zu verdüsenden Material ab. Es ist zweckmäßig, daß die Temperatur des ersten Gases am Austritt der Düse im Bereich von ± 100 K der Erstarrungstemperatur T_s des Materials liegt.

Im Falle der Herstellung von Kunststoffpulvern ist selbstverständlich darauf zu achten, daß die Temperatur des ersten Gases stets unterhalb der Zersetzungstemperatur des Kunststoffs liegt. Die Temperatur des ersten Gases liegt hier vorzugsweise im Erstarrungsbereich T_g , zweckmäßigerweise jedoch etwa 50 K unterhalb des Erstarrungsbereichs T_g des Kunststoffs.

Als erstes Gas wird zweckmäßigerweise Luft, Stickstoff, Edelgas, Sauerstoff oder ein Gemisch daraus verwendet. Besonders wirtschaftlich ist es, das erste Gas mittels eines Pebble-Heaters bzw. Schüttgut-Heizers vorzuheizen. Nach einem weiteren Ausgestaltungsmerkmal des Verfahrens wird der Gasdurchsatz auf einen Wert zwischen 0,1 und 10 m³/min eingestellt. Unter "m³" werden dabei Normkubikmeter verstanden. Zur Zerstäubung kann der Druck des ersten Gases auf einen Wert von 1 bis 50 bar eingestellt werden. Die Wahl des Durchsatzes sowie des Drucks des ersten Gases, richtet sich wiederum nach dem zu verdüsenden Material.

Der stromabwärts der Düse gebildete Partikelstrom gelangt in eine Abkühlungszone. Als Kühlmittel wird ein zweites Gas oder Wasser verwendet. Bei dem zweiten Gas kann es sich um kryogenes verflüssigtes Gas handeln. Das Kühlmittel kann entgegen der Stromrichtung des Partikelstroms in Richtung der Düse eingeblasen werden. Es ist aber auch möglich, das Kühlmittel zur Führung des Partikelstroms in Stromrichtung zuzuführen. Zum Einblasen des Kühlmittels sind stromabwärts der Düse weitere Düsen vorgesehen. Insbesondere bei Schmelzen sehr hoher Viskosität von mehr als 1 Ns/m² kann durch die weiteren Düsen anstelle von Kühlmittel auch heißes erstes Gas eingeblasen werden, um die sphärische Einformung zu unterstützen.

Als weiteres Kühlmittel kann stromabwärts ein aus kryogenem verflüssigtem Gas oder Wasser gebildetes Bad vorgesehen sein. Die Partikel fallen in dieses Bad, werden abgekühlt und schließlich abgetrennt.

Weiterhin ist es zweckmäßig, den stromabwärts der Düse in deren Nähe sich ausbildenden Partikelstrom im wesentlichen horizontal zu führen. Der Partikelstrom wird vorteilhafterweise entfernt von der Düse in eine im wesentlichen

vertikale Richtung umgelenkt. Die Führung und/oder Umlenkung des Partikelstroms kann durch das Einblasen von Kühlmittel unterstützt werden. Auf diese Weise wird ein besonders langer Abkühlungsweg gebildet, der die Ausbildung von sphärischen Partikeln ermöglicht.

Nach einem weiteren Ausgestaltungsmerkmal ist es beim Verfahren möglich, daß das erste Gas, ggf. ein aus dem ersten Gas und dem Kühlmittel gebildetes Mischgas, abzuführen und zum Vorheizen eines zweiten Pebble-Heaters zu verwenden. Falls zum Vorheizen des ersten Gases der zweite Pebble-Heater benutzt wird, kann die Wärme des ersten Gases recycelierend genutzt werden.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine Vorrichtung vorgesehen mit

- aa) einer Einrichtung zum Vorwärmen eines ersten Gases,
- bb) einem Behälter zur Aufnahme einer Schmelze,
- cc) mit einer zu einem Zerstäubungsraum weisenden Düse,
- dd) einer Einrichtung zum Kühlen eines stromabwärts der Düse sich ausbildenden Partikelstroms,
- ee) wobei die Düse im wesentlichen horizontal angeordnet ist und
- ff) eine Einrichtung zum Führen und/oder Umlenken des Partikelstroms in eine im wesentlichen vertikale Richtung vorgesehen ist.

Die Vorrichtung ermöglicht die Herstellung von aus im wesentlichen sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern aus einer hochviskosen, insbesondere glasartig erstarrenden, Schmelze.

Vorteilhafterweise ist die Einrichtung zum Führen und/oder Umlenken wahlweise über einen vorgegebenen Abschnitt mit heißem ersten Gas beaufschlagbar. Das ermöglicht es, die Abkühlungsdauer und damit die Sphäroidisierungszeit der Partikel zu beeinflussen.

Es hat sich als zweckmäßig und wirtschaftlich erwiesen, daß die Einrichtung zum Vorwärmen ein Pebble-Heater ist. Die Düse kann eine Ringdüse, z. B. eine Laval-Düse, sein. Dabei ist zweckmäßigerweise die Breite des zum Austritt des ersten Gases vorgesehenen Ringspalts veränderbar. Der Anstellwinkel des ersten Gases in bezug zur Schmelzstrahlachse bis zu 25°, vorzugsweise zwischen 10° und 20°, betragen. Das ermöglicht eine besonders effektive Zerstäubung des Schmelzstrahls. Weiter hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Schmelzstrahl möglichst eng zu führen. Die Wärmeabfuhr vom heißen Verdüngungsstrahl an die kältere Umgebung ist dann besonders gering. Die Schmelze bleibt auch nach dem Austritt aus der Düse ausreichend niedrig viskos, so daß die Bildung sphärischer Partikel ermöglicht ist.

Nachfolgend werden anhand der Zeichnung die Grundlagen sowie ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die Viskosität von Schmelzen verschiedener Materialien aufgetragen über der Temperatur,

Fig. 2 die Sphäroidisierungszeit verschiedener Materialien aufgetragen über den Partikelradius.

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

In Fig. 1 ist die Viskosität verschiedener Metalle, nämlich Eisen, Kupfer und Zinn, sowie verschiedener Gläser als Funktion der Temperatur aufgetragen. Die Viskosität von Metallschmelzen liegt unterhalb einem Wert von 0,01 Ns/m². Demgegenüber, weisen die hier unter dem Begriff "hochviskose Schmelzen" bezeichneten Schmelzen, eine Viskosität von mehr als 0,01 Ns/m² auf. Insbesondere

die hier dargestellten Glasschmelzen zeichnen sich ferner dadurch aus, daß deren Viskosität mit fallender Temperatur stark, d. h. über mehrere Zehnerpotenzen, ansteigt.

In Fig. 2 ist die Sphäroidisierungszeit, d. h. die benötigte Zeit für die Eiformung eines irregulär geformten Schmelzpartikels zur Kugelform, für verschiedene Metalle und Gläser als Funktion der Partikelgröße gezeigt. Für die Sphäroidisierungszeit T_{sph} gilt:

$$T_{sph} \sim \eta/\sigma.$$

, wobei η die dynamische Viskosität und σ die Oberflächenspannung ist.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, liegt bei vergleichbarem Partikelradius die Sphäroidisierungszeit glasartig erstarrender Materialien mehr als zwei Zehnerpotenzen höher als die Sphäroidisierungszeit bei Metallen. Typisch für hochviskose Schmelzen gemäß der vorliegenden Erfindung sind Sphäroidisierungszeiten von mehr als 0,01 sek. bei einem Partikelradius von 1,0 µm.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Verdüngungsanlage zur Zerstäubung hochviskoser Schmelzen. Eine Schmelzvorrichtung ist mit 1, eine Zerstäubungskammer mit 2 bezeichnet. Eine Ringdüse 3 ist über einen Zulaufkanal mit der Schmelzvorrichtung 1 verbunden. Ein erstes Gas befindet sich in einem Druckvorrattank 4. Das erste Gas kann über eine erste Gasentspannungseinrichtung 5 einer Gasheizeinrichtung 6 zugeführt werden. In der Gasheizeinrichtung 6 wird das Gas auf eine vorgegebene Temperatur aufgeheizt. Sofern als Gasheizeinrichtung 6 ein Pebble-Heater verwendet wird, kann zur genauen Einstellung der Temperatur des ersten Gases eine zweite Gasentspannungseinrichtung 7 mit der Gasheizeinrichtung 6 verbunden sein. Die Gasheizeinrichtung 6 ist über ein thermisch isoliertes Rohr 8 mit der Ringdüse 3 verbunden. Bei der Ringdüse handelt es sich z. B. um eine Laval-Düse, bei der das erste Gas durch einen Ringspalt austritt, der konzentrisch eine den Schmelzstrahl freigebende Düse umgibt. Der Ringspalt ist zweckmäßigerweise möglichst nahe an der die Schmelze freigebenden Austrittsöffnung bzw. Düse angeordnet.

Mit den Bezugszeichen 9a sind erste Düsen und mit 9b zweite Düsen bezeichnet. Die ersten Düsen 9a dienen zur Beaufschlagung des Partikelstroms mit vorgeheiztem erstem Gas. Die Partikel werden dadurch in einer im wesentlichen horizontalen Flugbahn gehalten. Die Abkühlung und damit die Erstarrung werden verzögert, so daß sich sphärische Partikel ausbilden können.

Die zweiten Düsen 9b dienen zur Zufuhr von Kühlmittel. Bei dem Kühlmittel kann es sich um Gas, verflüssigtes Gas oder Wasser handeln. Die zweiten Düsen sind so ausgerichtet, daß der Partikelstrom von einer im wesentlichen horizontalen Flugbahn in eine vertikale Flugbahn umgelenkt wird. Ein konischer Auffangbehälter ist mit 10, ein Bodenabzug mit 11 bezeichnet. Zum Abtrennen der Feinstfraktion ist ein Zyklonabscheider 12 mit nachgeschalteter Kühlvorrichtung 13 vorgesehen. Die Funktion der Vorrichtung ist folgende:

Das erste Gas wird über die Gasentspannungseinrichtungen 5, bzw. 7 der Gasheizeinrichtung 6, zugeführt. Das erste Gas wird dort auf eine Temperatur im Bereich der Erstarrungs- bzw. oberhalb der Glasbildungstemperatur T_g bzw. 1,5 T_g des zu verdüsenden Materials aufgeheizt. Das aufgeheizte erste Gas gelangt über das thermisch isolierte Rohr 8 unter einem Druck von bis zu 50 bar in die Ringdüse 3. Es tritt dort unter einem Winkel von etwa 10–20° gegen den Schmelzstrahl aus. Der Schmelzstrahl wird durch die Einwirkung des ersten Gases zerstäubt. Das vorgeheizte erste

Gas trägt die zerstäubten Partikel zunächst in horizontaler Richtung weiter. Zur Aufrechterhaltung der im wesentlichen horizontalen Flugbahn wird zusätzlich erstes Gas durch die ersten Düsen 9a in die Zerstäubungskammer 2 eingeblasen. Es kommt zur sphärischen Ausbildung der Partikel.

Die Partikel werden dann in einer Abkühlungszone abgekühlt. Die Abkühlungszone befindet sich in einem Bereich, in dem der Partikelstrom von einer horizontalen Flugbahn in eine vertikale Flugbahn abbiegt. Die Umlenkung der Flugbahn des Partikelstroms wird durch Kühlmittelströme unterstützt, die durch die zweiten Düsen 9b austreten.

Schließlich werden die hergestellten sphärischen Partikel im Auffangbehälter 10 aufgefangen und mit dem Bodenabzug 11 abgezogen. Mittels des Zyklonabscheiders 12 wird die Feinstfraktion abgetrennt. Ferner wird damit das heiße Gas abgeführt. Das heiße Gas wird über den Zyklonabscheider 12 stromabwärts nachgeschaltete Kühleinrichtungen abgekühlt bzw. rezyklierend zum Beheizen eines zweiten Pebble-Heaters genutzt.

Bezugszeichenliste

- 1 Schmelzvorrichtung
- 2 Zerstäubungskammer
- 3 Düse
- 4 Druckgasbehälter
- 5 erste Gasentspannungsstation
- 6 Gasheizeinrichtung
- 7 zweite Gasentspannungsstation
- 8 thermisch isoliertes Rohr
- 9a erste Düsen
- 9b zweite Düsen
- 10 Auffangbehälter
- 11 Bodenabzug
- 12 Zyklonabscheider
- 13 Kühlvorrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von aus im wesentlichen sphärischen Partikeln gebildeten Pulvern aus einem Material, wie Glas, Keramik oder Kunststoff, das eine hochviskose entweder bei einer Glasbildungstemperatur T_g oder bei einer Erstarrungstemperatur T_s erstarrende Schmelze bildet, mit folgenden Schritten:
 - a) Herstellen einer Schmelze mit einer dynamischen Viskosität η im Bereich zwischen 0,01 und 100 Ns/m²,
 - b) Verdüsen der Schmelze unter Verwendung eines ersten Gases, wobei das erste Gas am Austritt der Düse (3) mindestens eine Temperatur $T_A \geq T_g$ bzw. $\geq 0,5 T_g$ hat und
 - c) Abkühlen der beim Verdüsen gebildeten Partikel in einer stromabwärts der Düse (3) nachgeschalteten Abkühlungszone unter Verwendung eines Kühlmittels, wobei die Temperatur des Kühlmittels $< T_g$ bzw. T_s ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Temperatur des ersten Gases $\geq 1,5 T_g$ bzw. $\geq 1,0 T_s$ ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Temperatur des ersten Gases am Austritt der Düse (3) im Bereich von ± 100 K der Erstarrungstemperatur T_s des Materials liegt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als erstes Gas Luft, Stickstoff, Edelgas, Sauerstoff oder ein Gemisch daraus verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Gas mittels eines Pebble-Heaters

(6) vorgeheizt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Durchsatz des ersten Gases auf einen Wert zwischen 0,1 und 10 m³/min eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Zerstäubung der Druck des ersten Gases auf einen Wert von 1 bis 50 bar eingestellt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Gas durch mindestens eine lavalartige Austrittsöffnung geführt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Kühlmittel, vorzugsweise verflüssigtes, zweites Gas oder Wasser verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kühlmittel entgegen der Stromrichtung in Richtung der Düse (3) eingeblasen wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als weiteres Kühlmittel ein aus verflüssigten Gas oder Wasser gebildetes Bad vorgesehen ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein stromabwärts der Düse (3) in deren Nähe sich ausbildender Partikelstrom im wesentlichen horizontal geführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Partikelstrom entfernt von der Düse (3) in eine im wesentlichen vertikale Richtung umgelenkt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Führung und/oder Umlenkung des Partikelstroms durch das Einblasen von Kühlmittel unterstützt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Gas, ggf. ein aus dem ersten Gas und dem Kühlmittel gebildetes Mischgas, abgeführt und zum Vorheizen eines zweiten Pebble-Heaters verwendet wird.

16. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit

aa) einer Einrichtung (6) zum Vorwärmen eines ersten Gases,

bb) einem Behälter (1) zur Aufnahme einer Schmelze,

cc) einer zu einem Zerstäubungsraum (2) weisenden Düse,

dd) einer Einrichtung zum Kühlen eines stromabwärts der Düse (3) sich ausbildenden Partikelstroms,

ee) wobei die Düse (3) im wesentlichen horizontal angeordnet ist und

ff) eine Einrichtung (9a, 9b) zum Führen und/oder Umlenken des Partikelstroms in ein im wesentlichen vertikale Richtung vorgesehen ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die Einrichtung (9a, 9b) zum Führen und/oder Umlenken wahlweise über einen vorgegebenen Abschnitt mit heißem ersten Gas beaufschlagbar ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, wobei die Einrichtung zum Vorwärmen ein Pebble-Heater ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die Düse (3) eine einen Ringspalt aufweisende Ringdüse ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei die Breite des zum Austritt des ersten Gases vorgesehenen Ringspalts veränderbar ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 20, wobei der Anstellwinkel des ersten Gases in bezug zur Schmelzstrahlachse bis zu 25°, vorzugsweise zwischen

10° und 20°, beträgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

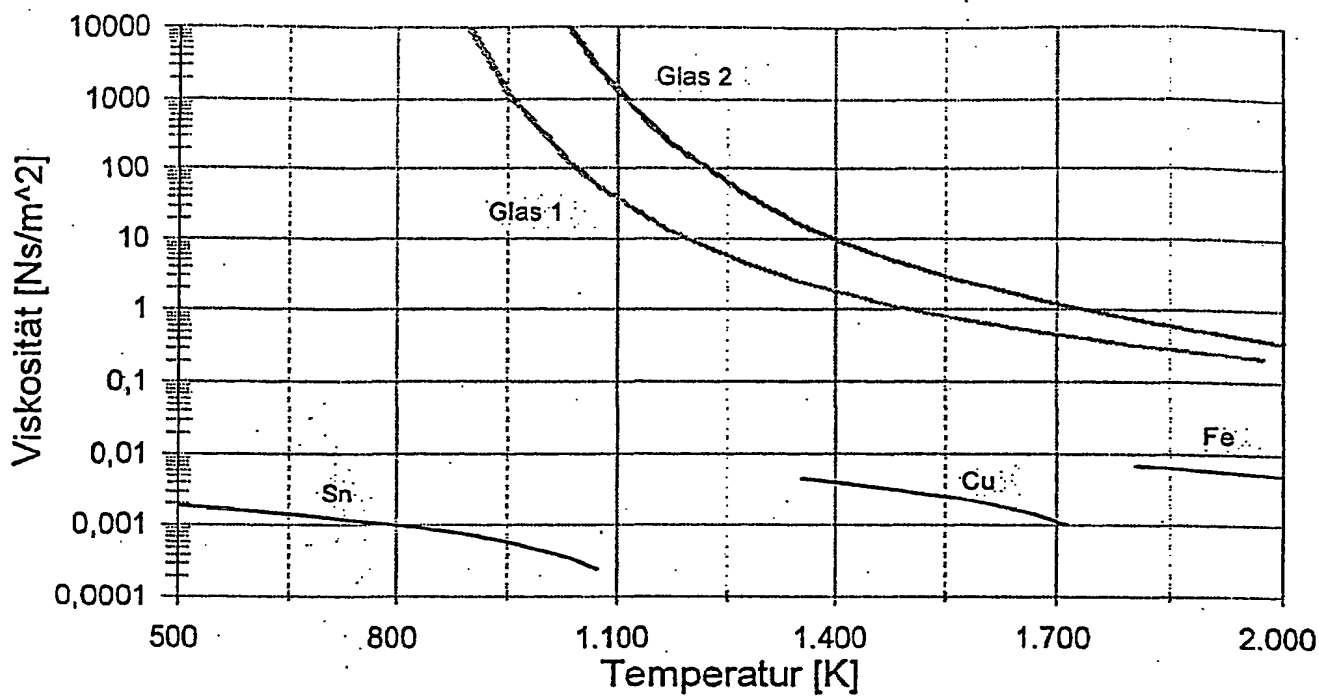


Fig. 1

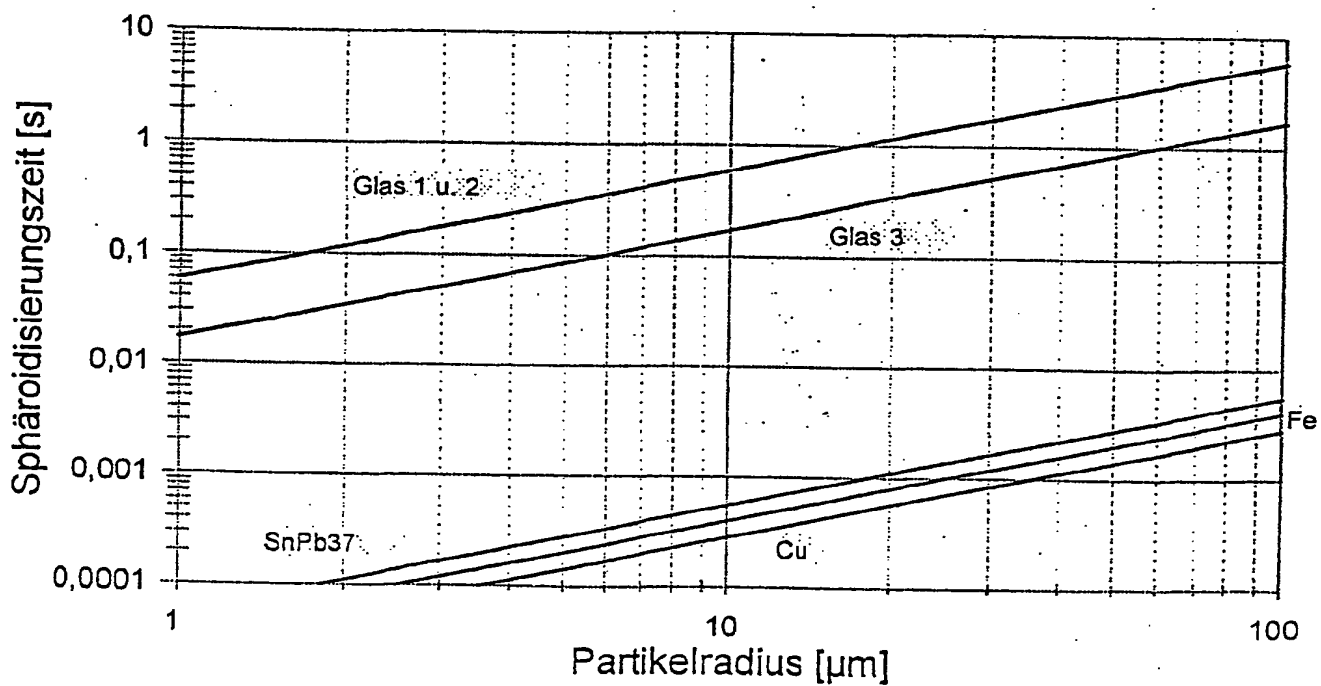


Fig. 2

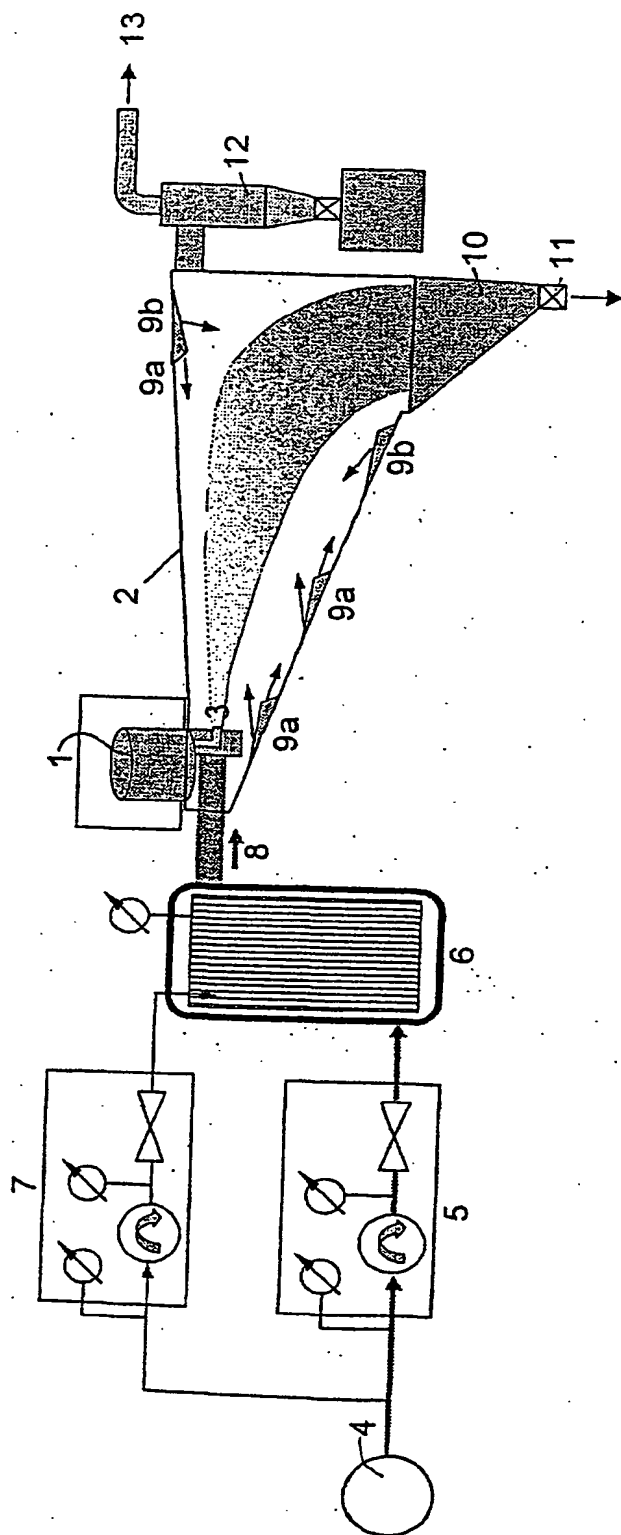


Fig. 3